



УКРАЇНА

(19) UA (11) 27578 (13) U
(51) МПК (2006)
G01N 23/20МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ПОШУКУ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ ЩІЛЬНОСТІ РЕЧОВИНИ

1

2

(21) u200706142

(22) 04.06.2007

(24) 12.11.2007

(72) МОРОЗ МИКОЛА ГЕОРГІЙОВИЧ, UA,
КАЗЬОННОВА НІНА ІВАНІВНА, UA, КОЧЕРГІН
ОЛЕКСАНДР ВАСИЛЬОВИЧ, UA(73) НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ТА ПРОЕКТНО-
КОНСТРУКТОРСЬКИЙ ІНСТИТУТ "ІСКРА", UA

(56)

(57) Спосіб пошуку неоднорідностей щільності речовини, що включає реєстрацію зворотно-розсіяного γ -випромінювання та режими калібрування і пошуку, а алгоритм вимірювання параметрів сигналу та обробки їх процесором має поріг спрацьовування, який відрізняється тим, що в цей алгоритм введені додаткові пороги спрацьовування верхні ($\Pi_{вi}$) та нижні ($\Pi_{нi}$), які дозволяють проводити калібрування в будь-якому місці на поверхні обстежуваного об'єкта та оцінити вірогідність помилкових спрацьовувань і обчислюються в режимі калібрування по наступних формулах:

$$\Pi_{вi} = \frac{N_{\phi} \cdot T_c + n_{вi} \sigma}{N_{\phi} \cdot T_c},$$

$$\Pi_{нi} = \frac{N_{\phi} \cdot T_c - n_{нi} \sigma}{N_{\phi} \cdot T_c},$$

Корисна модель відноситься до області приладобудування, зокрема до роботи приладів, принцип дії яких заснований на використанні зворотно розсіяного іонізуючого γ -випромінювання. Цей принцип дозволяє одержати інформацію про внутрішній зміст контрольованого об'єкта при огляді його з одного боку і може використовуватися в приладах для виявлення прихованих вкладень усередині порожнин різних транспортних засобів, контейнерів та інших об'єктів, а також при зондуванні легких будівельних конструкцій з метою визначення наявності в них порожнеч або розміщення в них чужорідних матеріалів як металевих, так і неметалевих.

де: N_{ϕ} - середня швидкість підрахунку імпульсів, що детектують, за час калібрування;

T_c - час підрахунку в режимі пошуку;

$\sigma = \sqrt{N_{\phi} \cdot T_c}$ - середньоквадратичне відхилення величини для Пуассонівського розподілу числа імпульсів;

$n_{вi}$, $n_{нi}$ - кількість середньоквадратичних відхилень (коефіцієнти для верхніх і нижніх порогів);

i - номер порога (ціле позитивне число більше одиниці),

а в режимі пошуку процесор підраховує імпульси з блока детектування і зберігає в пам'яті суму імпульсів N_c за час підрахунку T_c , поточне значення параметра $k = \frac{N_c}{N_{\phi} \cdot T_c}$ послідовно

порівнюється з порогами спрацьовування $\Pi_{вi}$ і

$\Pi_{нi}$ та, якщо поточне значення k перевищує який-небудь поріг $\Pi_{вi}$ ($k > \Pi_{вi}$) або це число менше за який-небудь поріг $\Pi_{нi}$ ($k < \Pi_{нi}$), то процесор формує сигнал про аномалію, а номер порога спрацьовування дозволяє з'ясувати вірогідність помилки пошуку.

У основі загального принципу дії таких приладів лежать ефекти взаємодії квантів та частинок з атомами речовини. Випромінювання від джерела проникає всередину досліджуваного об'єкта через перешкоду, розсіюється матеріалом об'єкта та частково поглинається. Частина розсіяного випромінювання реєструється детектором, встановленим в приладі. Інтенсивність реєстрованого випромінювання залежить від властивостей об'єкта (його атомного номера, середньої щільності) і геометрії вимірювання.

Цей факт і є ґрунтовним принципом дії відповідної апаратури. По зміні інтенсивності зареєстрованого розсіяного іонізуючого

(13) U

(11) 27578

(19) UA

випромінювання, відносні значення якої показуються на дисплеї, можна судити про зміну щільності об'єкта. А зміна щільності в місцях, де вона повинна бути незмінною, говорить про наявність в зоні контролю несанкціонованих вкладень, тайників або дефектів.

Безпосередньо принцип дії цих пристроїв заснований на вимірюванні розсіяного γ -випромінювання та його подальшій обробці.

Найбільш близьким до пропонованого способу є спосіб пошуку неоднорідності щільності речовин, який наведено у "Устройство поиска неоднородности плотности вещества УПН-РМ1401М-П". ТУ РБ 100345122.037-2003. Руководство по эксплуатации ТИГР.410220.001-01 РЭ. [http://www.polimaster.ru].

Перед початком вимірювання необхідно провести калібрування, для чого розташувати детектор на поверхні обстежуваного об'єкта в місці, свідомо не заповненому сторонніми предметами і включити режим калібрування. У цьому режимі процесор розраховує середню швидкість підрахунку імпульсів за час калібрування N_{ϕ} і величину порога Π по формулі:

$$\Pi = (N_{\phi} \cdot T_c + n \cdot \sigma), \quad (1)$$

$$\text{де } \sigma = \sqrt{N_{\phi} \cdot T_c}, \quad (2)$$

де T_c - час підрахунку в режимі пошуку;

σ - середньоквадратичне відхилення величини, що розраховується по формулі (2) для Пуассонівського розподілу числа імпульсів;

n - кількість середньоквадратичних відхилень (коефіцієнт n).

Діапазон установки коефіцієнта n складає від 1 до 9,9 з дискретністю 0,1.

У режимі пошуку процесор підраховує імпульси з блока детектування і зберігає в пам'яті суму імпульсів N_c за час підрахунку T_c . Поточне значення N_c порівнюється з порогом спрацювання Π . Якщо поточне значення числа імпульсів перевищує порогове значення, тобто $N_c > \Pi$, то процесор формує сигнал про аномалію.

Недоліком цього способу є те, що процесор реагує тільки на збільшення швидкості підрахунку імпульсів, що не дозволяє вирішувати задачі виявлення і локалізації прихованих порожнеч.

Ще один недолік наведеного способу - це необхідність часто змінювати значення коефіцієнта n . Коефіцієнт n задає величину порогу, формула (1). Чим менше значення коефіцієнта n , тим менше величина порогу і тим вище пошукова чутливість приладу. Чим вища чутливість, тим більше вірогідність помилкових спрацювань. Після введення нового значення коефіцієнта n необхідно провести калібрування для того, щоб процесор обчислив оновлене значення порога спрацювання. Такі операції істотно знижують продуктивність роботи з приладом.

Іншим істотним недоліком способу є те, що перед пошуком необхідно проводити калібрування на поверхні обстежуваного об'єкта в місці, свідомо не заповненому сторонніми предметами, що практично нездійсненні при оперативній роботі.

Пропонований спосіб дозволяє проводити калібрування в будь-якому місці на поверхні обстежуваного об'єкта, виявити і локалізувати як приховані за перешкодою предмети з будь-яких матеріалів, так і приховані порожнечі в обстежуванім об'єкті, також взагалі немає необхідності змінювати коефіцієнт n .

Поставлене завдання розв'язується таким чином. У алгоритм вимірювання параметрів сигналу та обробки їх процесором введені додаткові пороги спрацювання. У режимі калібрування процесор підраховує середню швидкість підрахунку імпульсів N_{ϕ} за час калібрування та обчислює величини порогів - верхніх ($\Pi_{\text{в}}$) і нижніх ($\Pi_{\text{н}}$) по формулах:

$$\Pi_{\text{в}} = \frac{N_{\phi} \cdot T_c + n_{\text{в}} \sigma}{N_{\phi} \cdot T_c},$$

$$\Pi_{\text{н}} = \frac{N_{\phi} \cdot T_c - n_{\text{н}} \sigma}{N_{\phi} \cdot T_c},$$

де: T_c - час підрахунку в режимі пошуку;

σ - середньоквадратичне відхилення величини, що розраховується по формулі

(2) для Пуассонівського розподілу числа імпульсів;

$n_{\text{в}}$, $n_{\text{н}}$ - кількість середньоквадратичних відхилень (коефіцієнти для верхніх і нижніх порогів);

i - номер порога (ціле позитивне число більше одиниці).

У режимі пошуку процесор підраховує імпульси з блока детектування і зберігає в пам'яті суму імпульсів N_c за час підрахунку T_c . Поточне

значення параметра $k = \frac{N_c}{N_{\phi} \cdot T_c}$ виводиться на

індикатор приладу та послідовно порівнюється з порогоми спрацювання $\Pi_{\text{в}}$ і $\Pi_{\text{н}}$. Якщо поточне значення k перевищує який-небудь поріг $\Pi_{\text{в}}$ ($k > \Pi_{\text{в}}$) або це число менше за який-небудь поріг $\Pi_{\text{н}}$ ($k < \Pi_{\text{н}}$), то процесор формує сигнал про аномалію. Перевищення порога $\Pi_{\text{в}}$ сигналізує про вірогідність стороннього об'єкта а фіксація $k < \Pi_{\text{н}}$ - про наявність порожнечі в місці зондування. Номер порога спрацювання дозволяє з'ясувати вірогідність помилки пошуку.

Таким чином, процесор реагує як на збільшення швидкості підрахунку імпульсів, що детектують, так і на її зменшення, що дозволяє проводити калібрування в будь-якому місці на поверхні обстежуваного об'єкта і виявляти приховані порожнечі і предмети, виготовлені з будь-яких матеріалів. Застосування декількох порогів спрацювання дає можливість судити про вірогідність виявлення без зміни коефіцієнта n .

При проходженні γ -випромінювання через речовину найінтенсивніше протікають три процеси: - фотоелектричний ефект, комптонівське розсіяння і народження електронно-позитронних пар. У області енергій до сотень кілоелектронвольт (кеВ), звичайно вживаних в пошуковій апаратурі, рентгенівські і γ -кванти (надалі - просто кванти) при проходженні крізь речовину взаємодіють з електронами атомних оболонок, поглинаючись

(фотоелектричний ефект) або розсіюючись. При розсіянні квант частину своєї енергії передає електрону, викидаючи його з відповідної електронної оболонки атома і змінюючи напрям свого первинного руху. Зміна напрямку руху може відбуватися в інтервалі кутів від 0 до 180° . Кванти, розсіяні на кути, близькі до 180° , називаються зворотно розсіяними і несуть інформацію про зміст контрольованого об'єкта [Гусев Н.Г., Климанов В.А., Машкович В.П., Суворов А.П. Защита от ионизирующих излучений, т. 1. Физические основы защиты от излучений. - М: Энергоатомиздат, 1989. - 512с.]. Потрапляючи в детектор, вони їм реєструються. Акти реєстрації перетворюються в електричні сигнали, які піддаються електронній обробці і пред'являються оператору у вигляді зображення або числа. Інтенсивність зареєстрованого зворотно розсіяного випромінювання для речовин з меншою щільністю і меншим атомним номером (таких, як папір, вибухові речовини, наркотики і інших речовин органічного походження) більше, ніж для речовин з більшою щільністю і великим атомним номером (наприклад, сталь, латунь, свинець та ін.). По зміні інтенсивності зареєстрованого розсіяного випромінювання, відносні значення якої показуються на дисплеї, можна судити про зміну щільності об'єкта. А зміна щільності в місцях, де вона повинна бути незмінною, говорить про наявність в зоні контролю несанкціонованих вкладень, тайників або дефектів.

Пропонований спосіб вимірювання параметрів сигналу та обробки їх процесором дає можливість процесору реагувати як на збільшення швидкості підрахунку імпульсів, що детектують, так і на її зменшення, що дозволяє проводити калібрування в будь-якому місці на поверхні обстежуваного об'єкта і виявляти предмети, виготовлені з будь-яких матеріалів. Застосування декількох порогів спрацьовування дозволяє судити оператору про вірогідність помилкового спрацьовування без зміни коефіцієнта n .